

149  
B7.4-10218.  
CR-136481



GEOBOL  
PROGRAMA DEL SATELITE DE RECURSOS NATURALES  
ERTS - BOLIVIA

"Made available under NASA sponsorship  
in the interest of early and wide dis-  
semination of Earth Resources Survey  
Program information and without liability  
for any use made thereof."

E74-10218) VOLCANISM SUBPROGRAM:  
VOLCANOLOGICAL INTERPRETATION OF THE  
NORTHERN PART OF THE OCCIDENTAL  
CORDILLERA (Servicio Geologico de Bolivia,  
La Paz.)/217 p HC \$3.00 CSCL 08F N74-15025  
Unclass G3/13 00218



CASILLA DE CORREO 2729  
CALLE FEDERICO ZUAZO 1673  
Esq. REYES ORTIZ  
La Paz - Bolivia

## A B S T R A C T

In the present study, 6 ERTS-1 images have been interpreted on a 1:1,000,000 scale (black and white) with the respective field reconnaissance. The area studied is located in the region bordering with Chile and includes the western part of the Bolivian Altiplano, the volcano Cordillera (western cordillera) and the northern part of Chile to the Pacific coast. The greater part of this region is formed by Pliocene/Miocene volcanic rock, which is discordant with the Tertiary sediments with intercalations of calcareous tufa.

The ERTS-1 images permit us to trace the regional boundaries of the great volcanic formations and the alignments of the volcanic bodies along the fault zone. They also permit a clear examination of the volcanic apparatus, including their secondary forms, such as lava flows, parasitic cones and lava domes. Because of the great scale, it is not possible to identify either the small structures or those of low relief. On the basis of the interpretation of the images, it is possible to give an idea of the relative age of the volcanoes.

ooo O ooo

jda.

SUB-PROGRAMA VULCANISMO

INTERPRETACION VULCANOLOGICA DE LA PARTE SEPTENTRIONAL DE LA  
CORDILLERA OCCIDENTAL DE BOLIVIA, UTILIZANDO IMAGENES ERTS.

Por: Dr. Siegfried Kussmaul.

jj'

PROGRAMA DEL SATELITE TECNOLOGICO DE RECURSOS NATURALES

ERTS - BOLIVIA.

SUB-PROGRAMA VULCANISMO

INTERPRETACION VULCANOLOGICA DE LA PARTE SEPTENTRIONAL DE LA  
CORDILLERA OCCIDENTAL DE BOLIVIA, UTILIZANDO IMAGENES ERTS.  
*Norte (en)*

Dr. Siegfried Kussmaul

1.- INTRODUCCION

El Programa del Satélite Tecnológico de Recursos Naturales tiene entre sus objetivos la realización de un mapa vulcanológico de Bolivia escala 1:250.000. En el presente trabajo están descritas las observaciones en la zona volcánica entre el Altiplano Occidental de Bolivia y la costa del Pacífico. Los límites son: Norte 16° 30' S; Sur 21° S; - Este 68° W.

2.- METODOS DE TRABAJO

El presente estudio se ha realizado en dos etapas sucesivas.

2.1.- En gabinete se hizo una primera interpretación fotogeológica de las siguientes imágenes del satélite ERTS-1 (blanco y negro; escala 1:1.000.000)

1010-14033-7

1010-14035-6

1010-14042-7

1065-14091-7

1065-14094-7

1065-14100-7

///.-

Los resultados obtenidos fueron comparados con la información -  
de los mapas geológicos y las publicaciones existentes.

Material de Comparación:

- Mapas geológicos de Bolivia (GEOBOL), escala 1:100.000
- Mapa Geológico de Chile, escala 1:1.000.000 (1968)
- Mapa geológico entre la Sierra de Huailillas y el grupo de los Nevados de Payachata, escala 1:250.000 (Katsui & González 1968)
- Katsui & González 1968: "Geología del área neovolcánica de los nevados de Payachata con consideraciones acerca del volcanismo cenozoico superior en los Andes Chilenos, Provincia de Tarapacá, Departamento de Arica". - Univ. Chile, Fac. Cienc. Fís. Mat., Dept. Geología, Nº 29.
- Evernden, J.; Kriz, S.J. & Cherroni, M.C. 1966: "Correlaciones de las formaciones terciarias de la cuenca altiplánica a base de edades absolutas, determinadas por el método Potasio-Argón". - Serv. Geol. Bolivia, Hoja informativa Nº 1.
- Pichler, H. & Zeil, W. 1969: "Die quartare" "Andesit" - Formation in der Hochcordillere Nord-Chiles" - Geol. Rasch, 58, - 866 - 903.
- Clark, Mayer, Mortimer, Sillitoe, Cooke & Snelling, 1967: - "Implications of the isotopic ages of ignimbrite flows, southern Atacama desert, Chile". - Nature, 215-723-726.

3.- DESCRIPCION DE LOS RASGOS VOLCANOLOGICOS OBSERVADOS EN LAS IMAGENES.

3.1.- Tobas de flujo o ignimbritas: Forman grandes plataformas o "plateaus" de tonos grises y muestran una característica erosión en forma dendrítica con grandes y profundos valles. Estas tobas solamente se pueden identificar en caso de que se presenten en su formación típica, mencionada arriba y sin gruesas capas de sedimentos cuaternarios.

///.-

En la Cordillera Occidental las ignimbritas están cubiertas por sedimentos coluvio-fluviales procedentes de los estratovolcanes. Al Sur de 18° S también el límite oriental de esta formación está cubierto por depósitos cuaternarios por lo que su identificación en las imágenes es muy difícil o imposible.

La edad de la formación ignimbritica es plioceno; según determinaciones radiométricas del norte de Chile y de Bolivia (Formación Mauri, al norte de 18° S), la edad varía entre 12.6 Mill. (Chile; Clark et al. 1967) y 2.5 Mill. de años (Formación Mauri; Evernden et al. 1966).

La composición química de las tobas del norte de Chile corresponde a alcíliriolitas, riolitas, riodacitas y dacitas (Pichler & Zeil 1969). Hasta ahora no existen análisis químicos de las tobas del norte de Bolivia, las cuales corresponden a las efusiones ignimbriticas más jóvenes de la zona.

3.2.1.- Estratovolcanes: Los aparatos volcánicos tienen una extensión muy variable y tonos grises - oscuros. Se distinguen de las tobas por su tono más oscuro y especialmente por su relieve muy elevado e irregular. Muestran diferentes grados de erosión; normalmente los edificios son muy afectados por la erosión glacial. Es posible, dar una serie de edades relativas, si el grado de la erosión solamente depende de la edad de los volcanes y no de su altura o del material sobre las faldas.

La mayoría de los estratovolcanes se construyeron en el Pleistoceno encima del plateau ignimbítico. Esta actividad continuó hasta tiempos recientes. Los volcanes - de Holoceno están caracterizados por cráteres muy bien conservados y la falta de erosión intensa. Sin embargo en la región de Carangas la actividad volcánica comenzó en el Mioceno (?) con efusiones de tobas brechosas y lavas que fueron afectadas por un fase de plegamiento (ver 4).

La composición química de las lavas del norte de Chile es andesítica, latiandesítica y raras veces dacítica. - No se encontró hasta ahora ningún basalto (Katsui & González 1968; Pichler & Zeil 1969).

3.2.2.- Formas secundarias en los aparatos volcánicos:

- a).- Coladas de lava: Algunos volcanes (Tata Sabaya -  $68^{\circ} 30' W$   $19^{\circ} 10' S$ ) y Huallatiri ( $69^{\circ} 10' W$   $18^{\circ} 20' S$ ) muestran coladas de lava de tono negro muy bien conservadas. Se tiene que suponer que son muy jóvenes.
- b).- Conos parasíticos y cúpulas de lava: En las fallas de los grandes estratovolcanes muchas veces hay pequeños conos en el mismo tono que los grandes edificios, pero reconocibles por sus forma y relieve y a veces por sus cráteres bien conservados (conos parasíticos).
- c).- Dislocación de cráteres: Se trata de volcanes compuestos que tienen diferentes cráteres, correspondientes a diferentes épocas de actividad. Estos conos pueden estar bien conservados (Vº Sinalaco,  $68^{\circ} 15' W$   $20^{\circ} 20' S$ ), o erosionados. En el segundo caso se reconoce ese proceso en una prolongación del aparato volcánico. En el Vº Sipicaya - ( $68^{\circ} 35' W$   $19^{\circ} 10' S$ ) se puede observar que el cráter se dislocó 4 veces hacia el oeste; en otros casos no se nota ninguna migración (p.e. Vº Sinalaco).

3.3.- Plateaus de lava: Muestran un tono negro y un relieve menos elevado y por eso también menos afectado por la erosión. No están relacionados con los estratovolcanes sino están combinados normalmente con cúpulas de lava, formando así - áreas planas con pequeñas colinas de lava (NE del Vº Sajama, -  $68^{\circ} 50' W$   $18^{\circ} 05' S$ ; al SW del Salar de Uyuni,  $68^{\circ} 15' W$   $20^{\circ} 40' S$ ).

///.-

Según el tono y la falta de una fuerte erosión, se tiene que su poner, que estas lavas son de edad Holocena y que corresponden a las coladas jóvenes mencionadas en 3.2.2.a.

3.4.- Procesos vulcano-tectónicos.

3.4.1.- Fallas: Forman líneas rectas o poco arqueadas con rumbo NE-SW, WNW-ESE hasta W-E y NW-SE principalmente.

Son visibles por la diferencia de tonos con rocas adyacentes, por la diferencia del relieve, por profundas cortaduras, por la alineación de conos volcánicos o pequeñas lagunas y por dislocaciones.

3.4.2.- Calderas o colapsos vulcano-tectónicos caracterizadas - por formas redondas o semicirculares y el abrupto cambio del relieve.

a).- Calderas en la cumbre de los estratovolcanes formadas por colapso o explosión de la parte central del volcán. La dimensión máxima de estas es unos 7 Km. Existen transiciones hasta los cráteres volcánicos, cuya formación puede ser igual.

b).- Calderas excéntricas: Se encuentran tanto en las tobas como en los grandes edificios volcánicos. Su dimensión es en general más grande que en el caso a) y los estratovolcanes están colapsados casi en su totalidad. Dentro de las calderas se pueden construir nuevos volcanes - (p.e. Vº Sajama  $68^{\circ} 50'W$   $18^{\circ} 05'S$ ).

///.-

3.4.3.- Alineaciones de conos volcánicos a lo largo de grandes sistemas de fracturas. Esas alineaciones tienen el mismo rumbo que las fallas. Ejemplos: Vº Sacasani y Vº Sipicaya y otros con rumbo E-W ( $68^{\circ} 25' W$   $19^{\circ} 10'S$ ); Vº Irruputuncu y otros con rumbo N-S ( $68^{\circ} 35' W$   $20^{\circ} 45'S$ ); Payachatas con rumbo NE-SW ( $69^{\circ} 10' W$   $18^{\circ} 10'S$ ). Algunas veces se puede observar, que la actividad volcánica migró hacia el oeste (Vº Sacasani y otros, Payachatas).

4.- OBSERVACIONES DE CAMPO

4.1.-

- a) Existen pequeños flujos de tobas de edad pleistocena cuya formación probablemente está correlacionada con el colapso de calderas (Vº Pumiri  $68^{\circ} 25' W$   $18^{\circ} 55'S$ ).
- b). Las tobas y lavas de la región de Carangas ( $68^{\circ} 40' W$   $18^{\circ} 50'S$ ) están plegadas. No se pueden observar los sinclinales y anticlinales en las imágenes. Sin embargo el tono y la forma de erosión de estas rocas más antiguas difieren tanto de las tobas pliocenas como de las lavas cuaternarias.

4.2.-

- a) En las imágenes no es posible diferenciar los aparatos volcánicos de los depósitos coluvio-fluviales que se encuentran rodeando los edificios volcánicos. Ambos se presentan normalmente con el mismo tono. Según las observaciones de campo sin embargo, el límite de afloramientos de las lavas coincide con las partes donde cambia el relieve.

///.-

b) En el campo se puede observar, que el Vº Tata Sabaya está - actualmente en el estado de actividad fumarólica, es decir - que es bastante joven. Este hecho concuerda con la interpretación de las imágenes (ver 3.2.2.). Otro volcán en cuyas ~ faldas afloran coladas nuevas es el Huallatiri. Segundo Katsui & González (1968) también ese volcán está todavía con actividad fumarólica.

4.3.- Los colapsos vulcano-tectónicos de pequeño tamaño o de relieve bajo solamente se pueden observar en el campo. La caldera del Vº Sajama no se identificó en las imágenes, donde solamente se presentan algunas partes elevadas de la pared de la caldera. Las más bajas no aparecen. Tampoco la caldera del Vº Ajoya descrita por Katsui & González ( $69^{\circ} 15'W$   $18^{\circ} 15'S$ ) se puede identificar en las imágenes.

## 5.- CONCLUSIONES

Debido a la gran área que cubren las imágenes, estas permiten trazar los límites regionales de las formaciones volcánicas, como la formación ignimbritica o la formación de los estratovolcanes.

Es posible la identificación de los alineamientos de aparatos volcánicos a lo largo de fracturas.

Al mismo tiempo permiten un registro nítido de los edificios volcánicos hasta las formas secundarias como diferentes coladas de lava, cones parásiticos y cúpulas de lava.

Según la erosión de los volcanes es posible dar una idea de sus edades relativas.

///.-

Las fallas que afectan las formaciones volcánicas son en las imágenes mucho más visibles que en el campo. Por eso la mayoría de las fallas del presente mapa no existen en los mapas geológicos.

Las imágenes del satélite permiten hacer mapas vulcanológicos de grandes áreas dentro de poco tiempo.

000 o 000

jdp.

**Page intentionally left blank**